

Acúmulo de prolina em cultivares de girassol sob as condições edafoclimáticas de Sergipe



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
160**

**Acúmulo de prolina em cultivares de girassol
sob as condições edafoclimáticas de Sergipe**

*Luciana Marques de Carvalho
Stela Braga de Araújo
Renata Emília Melo dos Santos
Hélio Wilson Lemos de Carvalho
Claudio Guilherme Portela de Carvalho*

***Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2020***

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Avenida Beira Mar, nº 3250,
CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: +55 (79) 4009-1300
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Ronaldo Souza Resende

Secretário-Executivo
Ubiratan Piovezan

Membros
Amaury da Silva dos Santos
Ana da Silva Lédo
Anderson Carlos Marafon
Joézio Luiz dos Anjos
Julio Roberto Araujo de Amorim
Lizz Kezzy de Moraes
Luciana Marques de Carvalho
Tânia Valeska Medeiros Dantas
Viviane Talamini

Supervisão editorial
Aline Gonçalves Moura

Normalização bibliográfica
Josete Cunha Melo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Aline Gonçalves Moura

Foto da capa
Luciana Marques de Carvalho

1ª edição
Publicação digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Tabuleiros Costeiros

Acúmulo de prolina em cultivares de girassol sob condições edafoclimáticas de Sergipe /
Luciana Marques de Carvalho [et al.]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020.

21 p. : il. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 160)

1. Girassol. 2. Prolina. 3. Déficit hídrico. 4. Genética de planta. I. Carvalho,
Luciana Marques de. II. Araújo, Stela Braga de. III. Santos, Renata Emília Melo dos.
IV. Carvalho, Hélio Wilson Lemos de. V. Carvalho, Claudio Guilherme Portela de.
VI. Série.

CDD 664.726 Ed. 21

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos9

Resultados e Discussão12

Conclusões.....18

Agradecimentos.....19

Referências19

Acúmulo de prolina em cultivares de girassol sob as condições edafoclimáticas de Sergipe

Luciana Marques de Carvalho¹

Stela Braga de Araújo²

Renata Emília Melo dos Santos³

Hélio Wilson Lemos de Carvalho⁴

Claudio Guilherme Portela de Carvalho⁵

Resumo – A pequena produção brasileira de girassol impõe necessidade de importação, o que justifica a utilização de cultivares melhor adaptadas e ampliação da área de cultivo. A região Nordeste é uma das áreas alternativas, apesar do déficit hídrico sazonal. Como uma das estratégias de adaptação ao estresse hídrico, o girassol acumula prolina nas folhas. Cultivares de girassol foram avaliadas no Semiárido, Agreste e Zona da Mata do estado de Sergipe quanto ao acúmulo desse aminoácido visando contribuir por meio dessa informação na identificação daquelas com maior potencial para produção nessas áreas. Complementarmente, o teor relativo de água e o rendimento de grãos foram avaliados. Os plantios de girassol foram estabelecidos no período úmido em delineamento de blocos casualizados. Verificou-se acúmulo de prolina em todas as cultivares e ambientes. As cultivares Helio 250 e BRS324, respectivamente, destacaram-se nos ambientes mais susceptíveis ao déficit hídrico e naqueles menos susceptíveis. Em todos os ambientes, aquelas cultivares com níveis intermediários de prolina tenderam a apresentar maior rendimento de grãos. Conclui-se que as cultivares Aguará 6, Helio 251 e M734, com níveis intermediários de prolina, tendem a produzir mais grãos nos ambientes de Sergipe.

Termos para indexação: *Helianthus annuus*, genótipos, déficit hídrico.

¹ Bióloga, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

² Química Industrial, estagiária da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

³ Química de Alimentos, estagiária da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁴ Engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Proline accumulation in sunflower cultivars under edaphoclimatic conditions of Sergipe

Abstract – The small Brazilian production of sunflower imposes the need to import, which justifies the use of better-adapted cultivars and expansion of the cultivation area. The Northeast region is one of the alternative areas, despite the seasonal water deficit. As one of the strategies for adapting to water stress, sunflower accumulates proline in the leaves. Sunflower cultivars were evaluated in the Semi-Arid, Agreste and Zona da Mata of the state of Sergipe for the accumulation of this amino acid in order to contribute through this information in the identification of those with the greatest potential for production in these areas. In addition, the relative water content and grain yield were evaluated. Sunflower plantations were established in the wet period according to a randomized block design. There was an accumulation of proline in all cultivars and environments. The cultivars Helio 250 and BRS324, respectively, stood out in environments most susceptible to water deficit and in those less susceptible. In all environments, those cultivars with intermediate levels of proline tended to have higher grain yield. It concludes that the cultivars Aguará 6, Helio 251 and M734, with intermediate levels of proline, tend to produce more grains in the environments of Sergipe.

Index terms: *Helianthus annuus*, genotypes, water deficit.

Introdução

Cultivos comerciais de girassol (*Helianthus annuus* L.) ocuparam apenas 55,1 mil hectares na safra 2019/2020 nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Os maiores produtores estão concentrados na região Centro-Oeste, com destaque para o estado do Mato Grosso, onde na última safra colheram-se 75.706 toneladas de grãos (IBGE, 2020). A área cultivada não supre a demanda nacional, resultando em importação, e por conseguinte, na necessidade de cultivares mais adaptadas e na ampliação da área de cultivo.

A produção e avaliação de novos híbridos e variedades de girassol é um dos avanços tecnológicos continuamente desenvolvidos para a cultura, que inclui cultivares lançadas pela rede privada e pública. Essas avaliações são realizadas em diversos locais do Brasil, por meio da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja (Birck et al., 2017). Quanto à ampliação da área de produção, os ensaios conduzidos na região Nordeste (nos estados da Bahia, Sergipe, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte) indicaram o alto potencial produtivo nessa região, especialmente em Sergipe (Oliveira et al., 2007; 2010; Carvalho et al., 2009; 2012; Carvalho et al., 2018). Em alguns ambientes, constatou-se que o alto rendimento de grãos foi acompanhado por altos teores de ácido oleico e linoleico, o que demonstrou a alta qualidade (Carvalho et al., 2018). Em adição, estimulados pela Política de Biodiesel e incentivo fiscal da Petrobras, cultivos comerciais de girassol foram pioneiramente conduzidos, entre 2010 e 2014, em alguns estados dessa região (IBGE, 2020). A análise dos dados do IBGE revelou bom rendimento de grãos e óleo em alguns destes locais. Daí, o Nordeste foi sugerido como uma possibilidade para a expansão da área de produção de girassol. Entretanto, os cultivos não tiveram prosseguimento nos anos posteriores, provavelmente, dentre outros fatores, devido a não continuidade dos incentivos fiscais e falta de informação sobre cultivares mais adaptadas a cada ambiente.

No Nordeste brasileiro, um dos principais desafios à produção agrícola é o déficit hídrico sazonal. Estresse por déficit hídrico ocorre em áreas áridas e semiáridas, e também naquelas onde a demanda transpiratória é muito alta (Canavar et al., 2014). É bem conhecido que o rendimento do girassol é reduzido pelo déficit hídrico (Rauff, 2008) e favorecido em ambientes mais

úmidos (Carvalho et al., 2016). A maioria dos poucos ensaios sob estresse hídrico envolveram apenas uma ou duas cultivares (Casadebaig et al., 2008; Ghaffari et al., 2012; Pourmohammad et al., 2014; Khalil et al., 2016). Menos estudos ainda foram conduzidos sob déficit hídrico natural (Alza; Fernandez-Martinez, 1997; Carvalho et al., 2018). Alguns ensaios sugeriram diferenças no potencial de tolerância à seca das cultivares de girassol (Carvalho et al., 2016). Há alguns estudos relacionados ao desenvolvimento e produção do girassol sob déficit hídrico (Cechin et al., 2006; Casadebaig et al., 2008; Ghaffari et al., 2012; Canavar et al., 2014; Pourmohammad et al., 2014; Khalil et al., 2016), embora poucos em condições de campo (Alza; Fernandez-Martinez, 1997; Carvalho et al., 2018).

A depender da severidade, duração e natureza do estresse, genótipo e estágio de desenvolvimento das plantas, muitas alterações morfofisiológicas podem ocorrer durante períodos de déficit hídrico. A maioria destas alterações visa manter o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo. Uma das respostas mais comuns e melhor documentada é a habilidade de algumas espécies ajustarem osmoticamente suas células. Isso se dá por meio do acúmulo ativo de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos ou íons no citosol para diminuir o potencial osmótico e consequentemente manter o potencial hídrico e o turgor de suas células próximo do nível ótimo (Maia et al., 2007). O ajuste osmótico possibilita diminuir a taxa de declínio do volume celular e atrasar efeitos deletérios sobre a capacidade de transporte de elétrons na fotossíntese (Canavar et al., 2014). O acúmulo de prolina, um dos solutos osmocompatíveis mais comuns nas plantas sob estresse, é considerado uma das primeiras respostas metabólicas. Maiores teores desse aminoácido nas folhas de girassol foram verificados em ambientes com menor disponibilidade de umidade (Cechin et al., 2010; Ghaffari et al., 2012; Canavar et al., 2014; Pourmohammad et al., 2014; Carvalho et al., 2018). Canavar et al. (2014) e Khalil et al. (2016) avaliaram alterações no crescimento e metabolismo de plantas de girassol sob déficit hídrico e sugeriram que aquelas com maior acúmulo de prolina teriam maior habilidade competitiva na região semiárida. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de prolina em cultivares de girassol da Rede de cultivares da Embrapa e determinar quais teriam maior habilidade competitiva nas condições edafoclimáticas do estado de Sergipe, como forma de contribuir na seleção daquelas com maior potencial para produção no Nordeste brasileiro.

Material e Métodos

Cultivares de girassol (Tabela 1) do Programa de Melhoramento de Girassol da Embrapa, coordenado pela Embrapa Soja, foram selecionadas pela Rede de Cultivares, com base no bom desempenho produtivo em outras regiões. Foram cultivadas e avaliadas, durante quatro anos agrícolas, quanto ao acúmulo de prolina em ensaios de campo conduzidos, em Sergipe, nos municípios de Frei Paulo (área de transição entre Agreste e Sertão Semiárido), Nossa Senhora das Dores (Agreste), Poço Redondo (Sertão Semiárido) e Umbaúba (Zona da Mata) (Tabela 2).

Tabela 1. Cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) avaliadas nos ensaios agrícolas conduzidos em municípios do estado de Sergipe, Brasil.

Cultivar	Categoria	Origem/empresa
M 734	Híbrido	Dow AgroSciences
Aguará 4	Híbrido	Atlântica Sementes
Aguará 6	Híbrido	Atlântica Sementes
Embrapa 122	Variedade	Embrapa
Helio 250	Híbrido	Heliagro do Brasil
Helio 251	Híbrido	Heliagro do Brasil
BRS 321	Híbrido	Embrapa
BRS 322	Híbrido	Embrapa
BRS 323	Híbrido	Embrapa
BRS 324	Variedade	Embrapa
BRS 387	Híbrido	Embrapa
Olisum 3	Híbrido	Atlântica Sementes
CF101	Híbrido	ADVANTA

Tabela 2. Coordenadas geográficas (latitude e longitude), altitude, clima e tipo de solo dos municípios sergipanos onde os ensaios de cultivares de girassol foram conduzidos.

Característica	Poço Redondo	Frei Paulo	Nossa Sra. das Dores	Umbaúba
Longitude	09°48'00" S	10°32'56" S	10°29'30" S	11°22'58" S
Latitude	37°41'00" O	37°32'02" O	37°11'36" O	37°39'28" O
Altitude	188	272	205	149
Tipo de Solo	Cambissolo distrófico	Cambissolo eutrófico	Latossolo amarelo coeso	Argissolo distrófico
Clima ¹	BSH	BSH	BSH	TAS

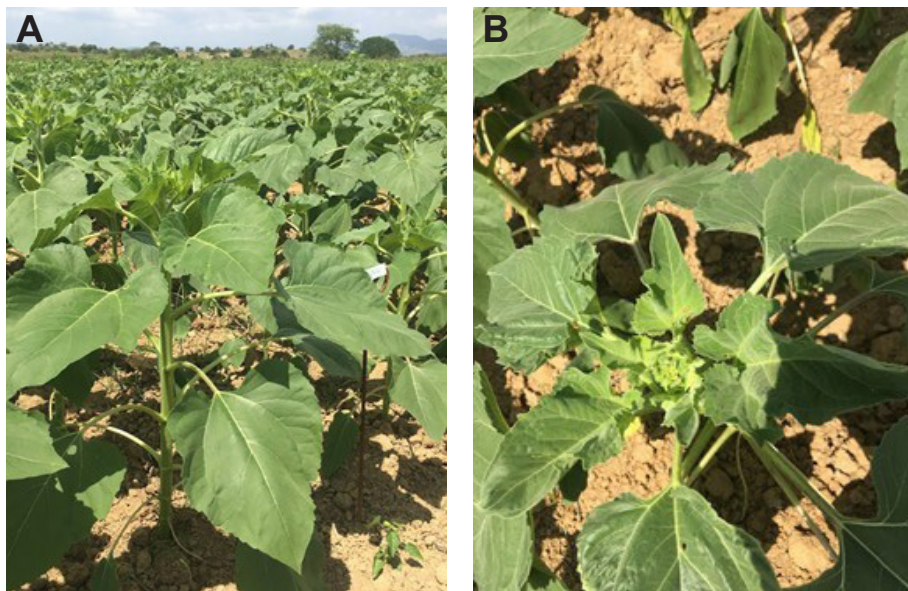
¹ BSH: Semiárido brando; TAS: Tropical com estação seca de verão, de acordo com classificação de Koppen.

Em cada ambiente de produção, os ensaios de cultivares de girassol do Programa de Melhoramento da Embrapa foram conduzidos no delineamento de blocos completos casualizados, com quatro blocos. Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas de plantio de 6,0 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,70 m, tendo nas linhas 0,30 m entre covas, perfazendo, uma população de 47.619 plantas·ha⁻¹. Incluíram tanto cultivares desenvolvidas pela Embrapa quanto por empresas privadas (Tabela 1). A definição das cultivares, avaliadas em cada ano, dependeu da disponibilidade de sementes de cada cultivar naquele ano. Os experimentos foram estabelecidos e conduzidos em condições de sequeiro. Entretanto, naqueles realizados em Poço Redondo foi feita uma irrigação complementar (7L·m²/8 min), devido à grande escassez de chuvas naquele local, onde em anos anteriores houve perda de ensaio devido à seca. Dados de precipitação acumulada foram determinados por meio de pluviômetro e registrados em cada uma das áreas e anos.

Nos quatro anos consecutivos, em que os ensaios foram conduzidos (2015-2018), o plantio foi estabelecido a partir de sementes. A semeadura foi feita entre a última semana de junho e primeira semana de julho, portanto no período úmido, procurando evitar as semanas com maior precipitação pluvial devido ao risco de encharcamento do solo e consequentemente maior risco de doenças fúngicas foliares após emergência das primeiras folhas. Seguindo recomendação do programa de melhoramento e resultados da

análise de solo, as cultivares foram adubadas com cerca de $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fósforo e $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de potássio, tendo-se como fontes desses nutrientes, respectivamente, ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Por ocasião do plantio, aplicou-se, no fundo dos sulcos, todo o fósforo e $1/3$ do nitrogênio e do potássio. Os $2/3$ restantes do nitrogênio e do potássio foram aplicados em cobertura, aos trinta dias após o plantio (Oliveira et al., 2013).

No início do desenvolvimento reprodutivo das plantas, no estágio R4-R5 (Figura 1), quando ainda havia folhas, removeu-se duas folhas completamente expandidas do 3º ou 4º nó de cada planta da parcela útil para posterior extração e determinação de prolina. As folhas foram acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente armazenadas em freezer a -20°C . A extração, na presença de ácido sulfosalicílico 3%, foi feita com amostras com cerca de 1,2 g das folhas por meio de determinação colorimétrica baseada no reagente ninidrina ácida (Bates et al., 1973). O conteúdo de prolina ($\mu\text{moles} \cdot \text{g}^{-1}$) foi expresso em função da massa fresca foliar.



Fotos: Luciana Marques de Carvalho

Figura 1. Ensaio de girassol (*Helianthus annuus* L.), com plantas cultivadas em linhas (A), com destaque para planta no estágio de desenvolvimento reprodutivo em que foi feita a coleta de folha para determinação de prolina e teor relativo de água (B).

No primeiro ano de cultivo em cada ambiente, o teor relativo de água nas folhas (TRA) foi determinado por meio de método gravimétrico a partir de cinco discos foliares removidos de folha do 3°- 4° nó de plantas da parcela útil, em paralelo a coleta para avaliação de prolina. Os discos, com 8 mm de diâmetro, foram imediatamente pesados para se obter a massa fresca (MF). Foram colocados para saturar com água destilada por 12 horas, pesados (MT), e depois colocados em estufa à temperatura de 60 °C por 72 h para obter a massa seca (MS). Para calcular o teor relativo de água utilizou-se a seguinte fórmula: $TRA = (MF - MS) / (MT - MS) \times 100$.

O rendimento de grãos, em kg/ha foi estimado a partir dos dados de produção de massa seca de grãos de girassol das plantas da parcela útil, ou seja, das duas fileiras centrais, que constituíram área de 8,40 m². Todos os dados experimentais foram submetidos a análise de variância (Teste F), seguido por teste de comparação múltipla Scott Knott a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Nas condições edafoclimáticas de Frei Paulo, registrou-se precipitação pluvial acumulada de apenas 160,3 mm da semeadura do girassol até a data de coleta de amostras foliares para análise do teor relativo de água e teor de prolina. As cultivares de girassol não diferiram significativamente entre si quanto ao teor relativo de água nas folhas, o qual variou entre 48,04% e 62,73%. Nesse período, foi constatado acúmulo de prolina em todas as cultivares de girassol, variando de 1,41 a 2,71 µmoles/g massa fresca, com média de 1,80 µmoles/g massa fresca (Tabela 3). As medias de acúmulo de prolina foram inferiores àquelas relatadas por Cechin et al. (2010) para plantas de girassol cultivadas em vaso. Sugere-se que o menor acúmulo de prolina, constatado nas condições de Frei Paulo, deveu-se a possível reidratação das plantas após precipitação pluvial verificada na semana anterior a da amostragem. Essa sugestão é apoiada por dados de Cechin et al. (2006), os quais verificaram redução nos níveis de prolina 24 horas após irrigação devido a reidratação.

Tabela 3. Médias de teor de prolina, teor relativo de água de folhas de treze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) no início do período reprodutivo (estádio R4/R5), e de rendimento de grãos no município de Frei Paulo, no estado de Sergipe, 2016.

Cultivar	Teor de prolina (μ moles/g massa fresca)	Teor relativo de água (%)	Rendimento de grãos (kg/ha)
Aguará 4	1,49 ^c	52,11 ^a	2.774,33 ^a
Aguará 6	1,88 ^b	57,18 ^a	2.586,67 ^a
BRS 321	1,58 ^c	48,04 ^a	2.301,10 ^b
BRS 322	1,41 ^c	55,82 ^a	2.596,33 ^a
BRS 323	1,41 ^c	54,66 ^a	2.093,67 ^b
BRS 324	1,73 ^c	62,73 ^a	2.289,67 ^b
BRS 387	2,24 ^b	55,75 ^a	2.584,10 ^a
CF 101	1,82 ^c	48,31 ^a	2.595,10 ^a
Helio 250	2,71 ^a	56,02 ^a	2.779,33 ^a
Helio 251	2,07 ^b	50,72 ^a	2.776,33 ^a
Olisun 3	1,62 ^c	51,75 ^a	2.541,33 ^a
Embrapa 122	1,51 ^c	55,84 ^a	2.100,11 ^b
M 734	1,95 ^b	53,69 ^a	2.741,10 ^a
Média	1,80	54,05	2.519,94
CV (%)	10,90	4,30	13,20

Os valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferiram significativamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Com uma média geral de 54,05% de umidade nas folhas (Tabela 3), a cultivar Helio 250 foi aquela que mais acumulou prolina, seguida por Aguará 6, BRS 387, Helio 251 e M 734, iguais entre si ($p>0,05$). Nesse ano, todas elas também se destacaram significativamente ($p<0,05$), pelo alto rendimento de grãos colhidos a partir dessas plantas, das cultivares BRS 321, BRS 323, BRS 324 e Embrapa 122, que foram iguais entre si ($p>0,05$) (Tabela 3). Langeroodi et al. (2014), em condições de ambiente protegido, também constataram alto rendimento de grãos em plantas que apresentaram mais alto acúmulo de prolina nas folhas. Nas condições extremamente secas desse ano, os dados sugerem que o maior acúmulo de prolina contribuiu para o mais alto rendimento de grãos constatado nas

cultivares Helio 250, Helio 251, Aguará 6, BRS 387 e M 734. Entretanto, outras cultivares, a exemplo de Aguará 4, BRS 322, CF 101 e Olisun 3, mesmo com menores teores de prolina, apresentaram rendimento de grãos similares às primeiras.

O maior acúmulo de prolina nas plantas da cultivar Helio 250, em Frei Paulo, foi confirmado em ensaio conduzido no mesmo local, quando (ano agrícola de 2015) houve maior precipitação acumulada (283,9 mm) até a data de coleta de amostra para avaliação de prolina (Tabela 4). As plantas dessa cultivar investiram muito no acúmulo de prolina também nesse ano. Entretanto, esse investimento não favoreceu, nesse ano (2015) o maior rendimento de grãos. Isto sugere que, nos anos mais úmidos, o maior acúmulo de prolina pode concorrer com a produção de grãos e acarretar em redução no rendimento.

Tabela 4. Médias de teor de prolina, teor relativo de água de folhas de treze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) no início do período reprodutivo (estádio R4/R5), e de rendimento de grãos no município de Frei Paulo, no estado de Sergipe, 2016.

Cultivar	Poço Redondo		Frei Paulo		Umbaúba	
	Prolina	Grãos	Prolina	Grãos	Prolina ¹	Grãos
Aguará 4	13,62 ^c	3.077 ^b	2,25 ^d	3.139 ^a	-	-
Aguará 6	13,19 ^c	2.713 ^c	3,90 ^c	3.218 ^a	6,46 ^b	3.438 ^a
BRS 321	8,92 ^d	2.218 ^c	1,86 ^d	3.028 ^a	7,38 ^b	2.973 ^b
BRS 322	10,41 ^d	3.125 ^b	1,62 ^d	3.164 ^a	1,22 ^d	3.810 ^a
BRS 323	15,27 ^b	2.382 ^c	1,68 ^d	3.349 ^a	1,30 ^d	3.422 ^a
BRS 324	9,93 ^d	2.735 ^c	3,05 ^d	2.320 ^a	21,29 ^a	2.850 ^b
BRS 387	11,95 ^d	2.410 ^c	4,91 ^b	3.040 ^a	-	-
CF 101	14,07 ^c	3.243 ^b	3,34 ^c	3.472 ^a	8,73 ^b	3.062 ^b
Helio 250	19,61 ^a	2.684 ^c	7,05 ^a	3.093 ^a	2,97 ^d	3.794 ^a
Helio 251	11,54 ^d	3.317 ^b	5,31 ^b	3.487 ^a	6,99 ^b	3.804 ^a
OLISUN 3	11,29 ^d	2.868 ^c	3,82 ^c	3.067 ^a	-	-
M 734	15,96 ^b	3.795 ^a	4,05 ^c	3.203 ^a	4,63 ^c	3.527 ^a
Embrapa 122	13,27 ^c	2.561 ^c	2,30 ^d	2.643 ^a	9,58 ^b	3.147 ^b
Média	13,00	2.870	3,47	3.094	8,50	3.321
CV (%)	9,98	12,2	8,01	15,1	10,0	8,6

Os valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferiram significativamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

¹A ausência de valor se justifica porque essas cultivares não puderam ser cultivadas nesse ambiente e ano.

Em Poço Redondo, semiárido do estado de Sergipe (Tabela 4), a semelhança de Frei Paulo, maior acúmulo de prolina foi constatado na cultivar Helio 250 (Figura 4). Diante da grande escassez de chuvas aí (acumulado de chuvas de 24,39 mm), as plantas receberam irrigação suplementar nas semanas mais secas ($7\text{L} \cdot \text{m}^2/8\text{ min}$) visando evitar perda da produção. Apesar disso, as folhas acumularam, em média, relativamente mais prolina em Poço Redondo do que em Frei Paulo. Com base nesses dados, sugere-se que nos ambientes mais susceptíveis ao déficit hídrico (Poço Redondo e Frei Paulo), uma das cultivares que tende a acumular mais prolina é Helio 250. Ressalta-se que os níveis de prolina verificados em Poço Redondo foram similares àqueles verificados por Cechin et al. (2010) para plantas da cultivar Catissol cultivadas em vaso, submetidas a estresse hídrico severo seguido por irrigação. Nas condições de Poço Redondo e de Frei Paulo, outras cultivares se destacaram pelo teor de prolina nas folhas, embora em níveis mais baixos do que Helio 250: cultivares M 734 e BRS 323 (Poço Redondo), Helio 251 e BRS 387 (Frei Paulo). Entretanto, é importante ressaltar que o maior acúmulo de prolina não favoreceu, nas condições de Poço Redondo, o maior rendimento de grãos.

Em 2015, nas condições de Umbaúba, onde caracteristicamente a precipitação acumulada é maior (380,3 mm), do que em Frei Paulo (283,9 mm) e em Poço Redondo (24,39 mm), os maiores acúmulos de prolina não foram constatados na cultivar Helio 250 (Tabela 4). Ocorreram na cultivar BRS 324, que não se destacou pelo alto rendimento de frutos. Nesse ambiente, as cultivares (Helio 250, BRS 222 e BRS 323) que menos investiram no acúmulo de prolina (1,22 a 2,97 $\mu\text{moles/g}$) e aquelas (M 734, Helio 251 e Aguará 6) com níveis intermediários (4,63 a 6,99 $\mu\text{moles/g}$) destacaram-se pelo alto rendimento de grãos.

O maior acúmulo de prolina na cultivar BRS 324, nas condições de Umbaúba, se confirmou no ensaio realizado em 2018, quando a precipitação acumulada (219,70 mm) foi um pouco menor (Figura 5). Nesse ano, as cultivares M 734 e Olisun 3 também se destacaram pelo teor de prolina em Umbaúba (Tabela 5). Não foi possível verificar o rendimento de grãos nesse ano, entretanto, pois a produção foi comprometida pelo ataque de pássaros aos grãos.

Em Nossa Senhora das Dores (precipitação acumulada de 192,10 mm), verificou-se, em folhas com 78,14% de umidade, maior acúmulo de prolina na cultivar Aguará 6, seguida pelas cultivares Helio 250, Helio 251, CF 101 e BRS 387 (Tabela 5). Em Frei Paulo, quando a precipitação acumulada foi ainda menor (84,50 mm) do que nos ensaios supracitados, a cultivar Helio 250 apresentou comparativamente menores níveis de prolina do que nos demais, e as maiores medias foram verificadas em algumas das mesmas cultivares que se destacaram em Nossa Senhora das Dores (Aguará 6, BRS 387, CF 101 e Helio 251).

Tabela 5. Médias do teor relativo de água de folhas de onze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) em Nossa Senhora das Dores, do teor de prolina nas folhas das cultivares em Nossa Senhora das Dores, Umbaúba e Frei Paulo, no estado de Sergipe, 2018.

Cultivar	Teor relativo de água (%)	Prolina ($\mu\text{moles} \cdot \text{g}^{-1}$ massa fresca)		
	Nossa Senhora das Dores	Nossa Senhora das Dores	Umbaúba	Frei Paulo
Aguará 4	78,58 ^a	1,29 ^c	1,68 ^d	3,67 ^a
Aguará 6	76,22 ^a	3,33 ^a	2,53 ^d	5,00 ^a
BRS 321	76,20 ^a	1,28 ^c	2,89 ^d	2,00 ^b
BRS 322	77,97 ^a	1,10 ^c	2,96 ^d	3,00 ^b
BRS 323	72,68 ^a	1,46 ^c	2,04 ^d	3,33 ^b
BRS 324	79,47 ^a	1,72 ^c	15,81 ^b	3,00 ^b
BRS 387	81,83 ^a	2,00 ^b	3,55 ^d	4,00 ^a
CF 101	80,70 ^a	2,00 ^b	3,77 ^d	4,00 ^a
Helio 250	84,36 ^a	2,00 ^b	11,21 ^c	3,00 ^b
Helio 251	83,77 ^a	2,33 ^b	1,97 ^d	4,00 ^a
OLISUN 3	67,76 ^a	1,36 ^c	24,03 ^a	3,00 ^b
M 734	-	-	15,12 ^b	-
Média	78,14	1,67	6,34	3,45
CV (%)	10,49	9,02	15,67	13,06

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott. Nesse ano não foi possível obter dados de rendimento de grãos, devido à perda da produção em função do ataque de pássaros e seca.

No ensaio conduzido em Frei Paulo em 2017, quando a precipitação acumulada entre a semeadura do girassol e a coleta de amostra foliar para análise de prolina foi de 146 mm, verificou-se que as cultivares não diferiram significativamente quanto ao acúmulo de prolina nas folhas (Tabela 6). Em contraste, nas condições do município de Nossa Senhora das Dores, onde a precipitação acumulada da semeadura à coleta de folha para análise de prolina foi de 352 mm, verificou-se maior acúmulo de prolina nas folhas da cultivar Aguará 4.

Tabela 6. Média do teor de prolina, em massa fresca de folhas de onze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.), nos municípios de Nossa Senhora das Dores e de Frei Paulo, no estado de Sergipe, 2017.

Cultivar	Prolina ($\mu\text{moles} \cdot \text{g}^{-1}$ massa fresca)	
	Nossa Senhora das Dores	Frei Paulo
Aguará 4	3,86 ^a	3,67 ^a
Aguará 6	2,31 ^b	5,00 ^a
BRS 321	1,59 ^c	2,00 ^a
BRS 322	1,78 ^b	3,00 ^a
BRS 323	1,04 ^c	3,33 ^a
BRS 324	1,69 ^c	3,00 ^a
BRS 387	1,90 ^b	4,00 ^a
CF 101	2,28 ^b	4,00 ^a
Helio 250	1,97 ^b	3,67 ^a
Helio 251	1,24 ^c	4,00 ^a
OLISUN 3	1,76 ^b	3,00 ^a
Média	1,94	3,45
C.V. (%)	10,73	13,01

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott.

No geral, constatou-se acúmulo desse aminoácido nas folhas de todas as cultivares de girassol, e em todos os ambientes. Entretanto, os níveis determinados não foram tão altos quanto aqueles relatados na literatura a exemplo de Cechin et al. (2010), principalmente se comparado àqueles conduzidos em vasos e casa de vegetação. Sugere-se que isso possa ser explicado ao menos parcialmente pelas variações na disponibilidade de umidade ocasionadas por alguma precipitação em um dia ou mais durante a estação, que possibilite alguma reidratação, e consequente alteração (síntese/degradação) no metabolismo da prolina.

Conclusões

A quantidade de prolina acumulada nas cultivares de girassol nas condições edafoclimáticas de Sergipe é relativamente baixa e varia com disponibilidade de umidade. Em muitos casos não é possível encontrar associação direta de maior acúmulo de prolina com maior rendimento de grãos, especialmente nos anos mais úmidos.

A cultivar Helio 250 tende a acumular mais prolina, naqueles ambientes com menor disponibilidade de umidade, e a cultivar BRS 324 naqueles com maior disponibilidade de umidade. Nos ambientes mais úmidos, como Umbaúba, níveis baixos a moderados de prolina (inferior a $6,99 \mu\text{moles} \cdot \text{g}^{-1}$), que ocorrem nas cultivares Aguará 6, M 734 e Helio 251, favorecem maior rendimento de grãos. Isto sugere uma maior adaptação para esses ambientes, particularmente nos anos agrícolas menos acometidos por períodos de déficit hídrico intenso. De modo similar, as cultivares potencialmente mais adaptadas ao ambiente de Frei Paulo, com base no acúmulo moderado de prolina e maior rendimento de grãos são BRS 387 e Helio 251. De modo geral, verifica-se, em todos os ambientes, tendência das cultivares Aguará 6, Helio 251 e M 734 apresentarem níveis moderados de prolina e mais alto rendimento de grãos, o que sugere boa adaptação.

Agradecimentos

A equipe agradece aos técnicos Arnaldo Santos Rodrigues e José Raimundo dos Santos por todo empenho e apoio durante todo o trabalho, desde instalação no campo até coleta de dados.

Referências

- ALZA, J. O.; FERNANDEZ MARTINEZ, J. M. Genetic analysis of yield and related traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) in dryland and irrigated environments. **Euphytica**, v. 95, p. 243-251, 1997. DOI: 10.1023/A:1003056500991.
- BATES, L. S.; WALDRAN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973. DOI: 0.1007/BF00018060.
- BIRCK, M.; DALCHIAVON, F. C.; STASIAK, D.; IOCCA, A. F. S.; HIOLANDA, R.; CARVALHO, C. G. P. Performance of sunflower cultivars at different seeding periods in central Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 42-51, 2017. DOI: 10.1590/1413-70542017411021216.
- CANAVAR, Ö.; GÖTZ, K. P.; ELLMER, F.; CHMIELEWSKI, F. M.; KAYNAK, M. A. Determination of the relationship between water use efficiency, carbon isotope discrimination and proline in sunflower genotypes under drought stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 232-242, 2014.
- CARVALHO, H. W. L. de; OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, C. G. P. de; LIRA, M. A.; FERREIRA, F. M. de B.; RANGEL, J. H. de A.; FEITOSA, L. F.; MELO, K. E. de O.; MENEZES, A. F.; RODRIGUES, C. S. Comportamento de dezenove genótipos de girassol no nordeste brasileiro na safra 2007. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 114-118.
- CARVALHO, H. W. L. de; OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, C. G. P.; FERREIRA, M. de B.; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A.; MENEZES, V. M. M.; RODRIGUES, C. S.; CASTRO, C. R.; MENESES, M. C.; GOMES, M. C. M. Comportamento de cultivares de girassol no nordeste brasileiro: safra 2011. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 19., 2012, Lages. Conservação do solo e da água no Brasil: preceitos e ações no ensino, na pesquisa e na extensão: **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 2012. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, L. M. de; ARAUJO, S. B. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P. de. Proline content of sunflower cultivars in the Brazilian semiarid region. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 53, 2018, p. 970-973.
- CARVALHO, L. M. de; OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P.; MARQUES, M. G.; PORTO, E. S. **Produtividade do girassol em função da disponibilidade de umidade**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 38 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).
- CASADEBAIG, P.; DEBAEKE, P.; LECOEUR, J. Thresholds for leaf expansion and transpiration response to soil water deficit in a range of sunflower genotypes. **European Journal of Agronomy**, v. 28, p. 646-654, 2008. DOI: 10.1016/j.eja.2008.02.001.

CECHIN, I.; ROSSI, S. C.; OLIVEIRA, V. C.; FUMIS, T. de F. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. **Photosynthetica**, v. 44, p. 143-146, 2006.

CECHIN, I.; CORNIANI, N.; FUMIS, T. de F.; CATANEO, A. C. Differential responses between mature and young leaves of sunflower plants to oxidative stress caused by water deficit. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1290-1294, 2010. DOI: 10.1590/S0103-84782010000600008.

GHAFFARI, M.; TOORCHI, M.; VALIZADEH, M.; SHAKIBA, M. R. Morpho-physiological screening of sunflower inbred lines under drought stress condition. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 17, p. 185-190, 2012.

IBGE. **Projeto levantamento e classificação do uso da terra**: uso da terra no estado de Sergipe. Relatório técnico. Rio de Janeiro, 2011. 195 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95889.pdf>. Acesso em: set. 2020.

KHALIL, F.; RAUF, S.; MONNEVEUX, P.; ANWAR, S.; IQBAL, Z. Genetic analysis of proline concentration under osmotic stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Breeding Science**, v. 66, p. 463-470, 2016. DOI: 10.1270/jsbbs.15068.

LANGEROODI, A. R. S.; KAMKAR, B.; SILVA, J. A. T.; ATAEIA, M. Response of Sunflower Cultivars to Deficit Irrigation. **Helia**, v. 37, p. 37-58, 2014.

OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; LIRA, M. A.; CARVALHO, C. G. P. de; RIBEIRO, S. S.; OLIVEIRA, V. D. de. Avaliação de cultivares de girassol na Zona Agreste do Nordeste Brasileiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 17.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 5., 2007, Uberaba. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 197-200. (Embrapa Soja. Documentos, 292).

OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P. de; LIRA, M. A.; FERREIRA, F. M. de B.; TABOSA, J. N.; MACEDO, J. J. G. de; FEITOSA, L. F.; RODRIGUES, C. S.; MELO, K. E. de O.; MENEZES, A. F.; SANTOS, M. L. dos. **Avaliação de cultivares de girassol em municípios dos estados da Bahia, Alagoas, Sergipe e Rio Grande do Norte**: ensaios realizados no ano agrícola de 2008. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 6 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 105)

OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P. de; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A.; FERREIRA, F. M. de B.; SANTOS, M. L. dos; RODRIGUES, C. S. Avaliação de cultivares de girassol no Nordeste brasileiro na safra 2009. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão social e energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1553-1557.

OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P.; FERREIRA, F. M. de B.; LIRA, M. A.; RANGEL, J. H. de A.; FEITOSA, L. F.; MENEZES, A. F.; RODRIGUES, C. S.; MELO, K. E. de O. Avaliação de genótipos de girassol em diferentes épocas de plantio nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL, 18., SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 388 p. 139-144.

OLIVEIRA, I. R. de; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, C. G. P.; FERREIRA, F. M. de B.; LIRA, M. A.; RANGEL, J. H. de A.; FEITOSA, L. F.; MENEZES, A. F.; RODRIGUES, C. S.; MELO, K. D. de O. Desempenho de genótipos de girassol em áreas do agreste do nordeste brasileiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL, 18., SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 388 p.

OLIVEIRA, A. C. B. de; ROSA, A. P. S. A. da (Ed.). **Guia prático do cultivo do girassol**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 53 p.

POURMOHAMMAD, A.; TOORCHI, M.; ALAVIKIA, S. S.; SHAKIBA, M. R. Genetic analysis of yield and physiological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under irrigation and drought stress. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 6, p. 207-213, 2014. DOI: 10.15835/nsb629173.

RAUF, S. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. **Communications in Biometry and Crop Science**, v. 3, p. 29-44, 2008.



Tabuleiros Costeiros

